

С.С.Ерошин, д-р техн. наук, Б.И.Невзлин, канд. техн.наук, В.Е.Брешев.
Восточноукраинский национальный университет имени В. Даля, Луганск, Украина

СОЗДАНИЕ ПРИВОДА СО СВОБОДНЫМ КОЛЬЦЕВЫМ РОТОРОМ – РЕЖУЩИМ ИНСТРУМЕНТОМ

Викладено ідею створення електромеханічного приводу з вільним кільцевим ротором. Приведені концепція його створення, опис математичної моделі, результати експериментальних досліджень і техніко-економічний ефект, який очікується від впровадження.

Изложена идея создания электромеханического привода со свободным кольцевым ротором. Приведены концепция его создания, описание математической модели, результаты экспериментальных исследований и ожидаемый технико-экономический эффект от внедрения.

The contents CTW on creation of the electromechanical drive with a free ring-type rotary table is set up. The outcomes of experimental researches and anticipated technological effect from an intrusion are adduced the concept of its creation, description of mathematical model.

В настоящее время среднегодовые объёмы мировых продаж полупроводниковых приборов динамично увеличиваются и, по прогнозам ISE, в 2008 году они могут превысить рубеж в 1 трлн. долларов США. Главная тенденция мирового полупроводникового производства – рост производственных мощностей при снижении себестоимости единицы продукции через внедрение новых технологий и совершенствование уже существующих. В полной мере это относится и к производству подложек интегральных схем, где, при резке монокристалла, стремятся получить пластины максимального диаметра – до 300 мм и более - при наименьшей ширине пропила и минимальных дефектах геометрии (неплоскостность, прогиб, разброс по толщине).

Компоновка станков для резки кристаллов алмазными кругами с внутренней режущей кромкой (АКВР) является традиционной – электродвигатель, промежуточные передачи, шпиндельный вал на подшипниках и т.д. При этом, большие вращающиеся массы являются источником вибраций, снижающих качество пластин или приводящих к их обламыванию. Мощность, потребляемая станком, часто оказывается на порядок больше полезной мощности резания. Максимальные размеры отрезаемых пластин ограничены и определяются соотношением внутренних диаметров АКВР и колец натяжного устройства шпинделя, потому что режущий круг не может пройти кристалл через пропил всей межкромочной поверхностью (резка «на проход»), а только углубляется со стороны внутренней кромки до срезания.

Целью данной работы является создание нового типа специального технологического оборудования (СТО)

© Ерошин С.С., Невзлин Б.И.,
Брешев В.Е., 2004

- электромеханического привода со свободным ротором в виде кольцевой пластины, которая является и режущим инструментом. Кольцевой ротор движется под действием вращающегося магнитного поля, образуемого трёхфазной обмоткой статора. Ротор не имеет традиционных механических опор и электрических контактов, свободно перемещается в плоскости вращения в пределах рабочей зоны и может осуществлять резку «на проход». В этом случае величина отрезаемой пластины определяется только внутренним диаметром кольцевого ротора.

При движении ротора во вращающемся магнитном поле возникают силы электромагнитной природы, которые: - создают крутящий момент;

- обеспечивают равновесие вращающегося ротора на холостом ходу;
- уравнивают действие сил сопротивления и полезных нагрузок, обеспечивая тем самым устойчивый режим вращения ротора.

Разработана математическая модель динамического равновесия кольцевого ротора во вращающемся магнитном поле и определены основные условия стабилизации кольцевых роторов разного профиля.

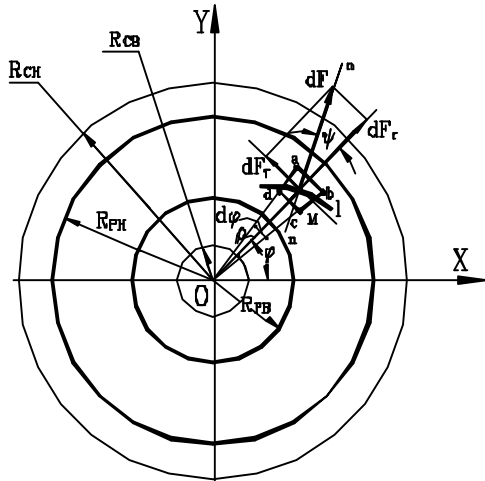


Рис.1. Кольцевой ротор и силы, действующие на элементарную площадку

Математическая модель построена на основе анализа сил, действующих на ротор во вращающемся магнитном поле, как определяющего фактора, а также анализа влияния геометрических и электромагнитных параметров на силовое взаимодействие.

Элементарная электромагнитная сила $d\mathbf{F}$, действующая на элементарную площадку $abcd$ в результате протекания тока в обмотках статора (паз статора - 1) представлена суммой тангенциальной ($d\mathbf{F}_\tau$) и радиальной ($d\mathbf{F}_r$)

составляющих, как показано на рис.1. Исходя из этого, получены выражения для суммы проекций электромагнитных сил, действующих на пластину при отсутствии её смещения относительно статора, когда оси симметрии ротора и

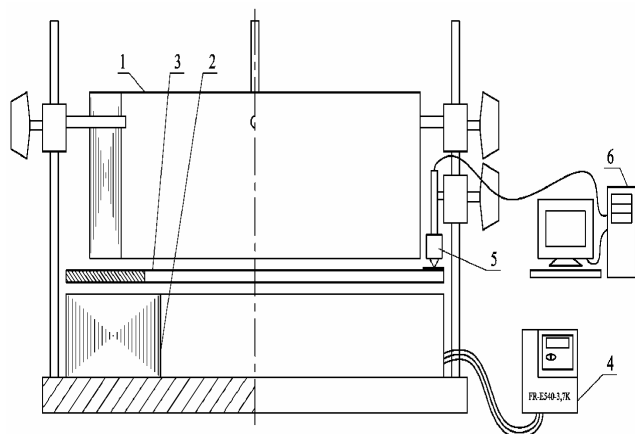
вращающегося магнитного поля совпадают.

Далее аналитически смоделированы условия, когда ротор получил некоторое смещение e_x относительно центра симметрии магнитного поля, как показано на рис.2,а, и образовались так называемые «площадки асимметрии» (рис.2,б). Установлено, что стабилизация ротора при смещении e_x зависит от величины и направления тангенциальной и радиальной составляющих, при этом равнодействующая радиальных сил (\mathbf{F}_r), если она направлена против смещения e_x , оказывает стабилизирующее влияние, а равнодействующая тангенциальных сил (\mathbf{F}_τ) – дестабилизирующее.

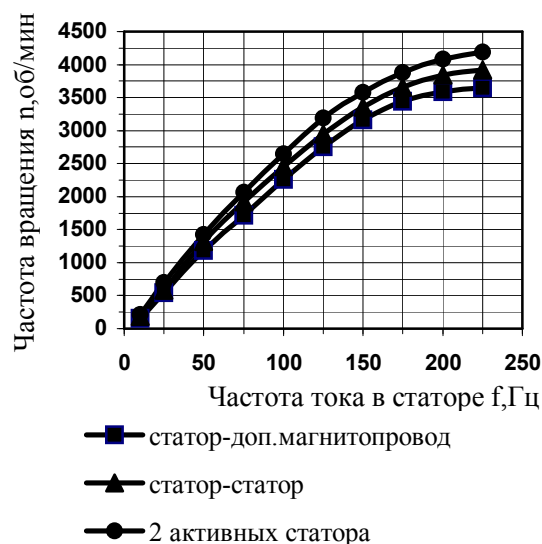
На основе анализа характера изменения составляющих электромагнитных сил при возникшем смещении получены аналитические выражения для сумм проекций сил ($\mathbf{F}_{\tau y}$, $\mathbf{F}_{\tau x}$) и момента тангенциальных сил ($\mathbf{M}_{от}$), действующих на пластину в случае смещения e_x при фиксированных геометрических параметрах привода:

выводом результатов на экран ПК (6). Вместо дополнительного магнитопровода может использоваться второй статор (вариант статор-статор) и подключаться к источнику питания (вариант - 2 активных статора). На рис.3 б) показана графическая зависимость частоты вращения медного кольцевого ротора, имеющего толщину 0,7 мм от частоты тока в обмотках статора для разных вариантов.

В ходе экспериментальных исследований доказана адекватность разработанной математической модели динамического равновесия кольцевого ротора, который на экспериментальных установках развивает достаточную для резки скорость (4000 об/мин и более), сохраняя при этом устойчивое положение на различных скоростях. Нагружение ротора в плоскости вращения постоянной внешней силой, стремящейся его сместить, также не нарушает устойчивое вращение, но



а)



б)

Рис.3. а) Схема экспериментальной установки, б) экспериментально полученные зависимости частоты вращения ротора от частоты тока в статоре

приводит к некоторому смещению ротора от начального положения. Устойчивость и уровень смещения при этом определяются рядом контролируемых факторов (настройкой магнитной системы, величиной нагружающей силы, частотой вращения ротора и т.д.).

В целом, результаты исследований показали реальность создания нового, более эффективного СТО для осуществления технологического процесса резки кристаллов. Априорная технико-экономическая оценка показывает, что использование такого привода в производстве подложек для интегральных схем позволит:

- производить пластины больших диаметров (до 300мм и более) с улучшенными характеристиками;
- снизить энергетические и материальные затраты при производстве и эксплуатации СТО;
- увеличить производительность СТО за счет снижения времени на его техническое обслуживание, ремонт, технологическую подготовку к новому циклу резки;
- повысить показатели надёжности СТО за счёт значительного снижения числа элементов конструкции, отказ которых приводит к отказу изделия в целом (улучшение ремонтоспособности, восстанавливаемости и долговечности).

Получено 30.03.04